(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 111075845 B
(45)授权公告日 2021.11.05

(21)申请号 202010018442.4

(22)申请日 2020.01.08

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111075845 A

(43)申请公布日 2020.04.28

(73)专利权人 上海航天控制技术研究所
地址 201109 上海市闵行区中春路1555号
专利权人 上海交通大学

(72)发明人 单题元 魏新生 王勇 孙丹峰 张云环 孙丹 王森

(74)专利代理机构 上海元好知识产权代理有限公司 31323
代理人 包姝晴 张静洁

(51)Int.Cl.
F16C 33/66(2006.01)

(56)对比文件
CN 108533618 A,2018.09.14
CN 102762880 A,2012.10.31
CN 107420431 A,2017.12.01
CN 101699125 A,2010.04.28
CN 106402620 A,2017.02.15
CN 109372893 A,2019.02.22
CN 110159907 A,2019.08.23
JP 2017133684 A,2017.08.03
CN 110185909 A,2019.08.30

审查员 马稚懿

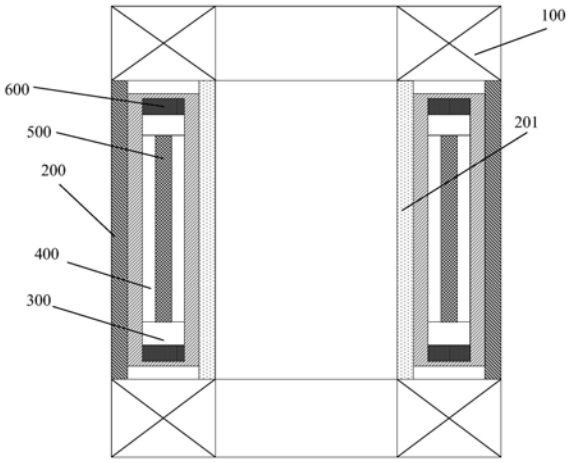
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种主动式补充供油装置

(57)摘要

本发明公开了一种主动式补充供油装置，其应用于卫星飞轮和控制力矩陀螺的轴承组件，包含：储油结构、供油结构、若干个输油部件和雾化供油部件；每一所述输油部件联通所述储油结构和所述供油结构，以将存储于所述储油结构中的润滑油输送至所述供油结构中；所述雾化供油部件设置在所述供油结构内部，用于对所述供油结构内的润滑油进行雾化并喷向所述轴承组件的轴承滚道上。本发明所述雾化供油部件将位于所述供油结构中的润滑油表面能打散，而产生微小液滴，同时在动能的作用下喷向轴承滚道，实现对轴承滚道的微量补充供油，延长轴承使用寿命的目的。



CN 111075845 B

1.一种主动式补充供油装置,其应用于卫星飞轮和控制力矩陀螺的轴承组件,其特征在于,包含:储油结构、供油结构、若干个输油部件和雾化供油部件;

每一所述输油部件连通所述储油结构和所述供油结构,以将存储于所述储油结构中的润滑油输送至所述供油结构中;所述雾化供油部件设置在所述供油结构内部,用于对所述供油结构内的润滑油进行雾化并喷向所述轴承组件的轴承滚道;

每一所述输油部件为毛细管结构;

所述雾化供油部件为压电陶瓷片;所述供油结构设有供油腔,所述压电陶瓷片位于所述供油腔内的润滑油表面上且与所述润滑油表面接触;

所述压电陶瓷片上设有若干个通孔,所述润滑油经所述若干个通孔雾化喷出;

所述若干个通孔的孔径尺寸为微米级;

控制电路模块,其与所述雾化供油部件电连接,位于所述卫星飞轮和控制力矩陀螺的飞轮控制电路上,用于根据所述卫星飞轮自身测量的所述卫星飞轮和控制力矩陀螺的驱动电机电流值、所述轴承的轴承温度和所述轴承的轴承振动信号,判断所述轴承滚道上的所述润滑油的膜状态,以控制补充供油时机和根据模糊控制算法得到所需供油量。

2.如权利要求1所述的主动式补充供油装置,其特征在于,所述储油结构和所述供油结构设置在所述轴承组件的转动隔圈与静止隔圈之间,且均与所述静止隔圈过盈接触。

3.如权利要求2所述的主动式补充供油装置,其特征在于,所述储油结构和所述供油结构均相对于所述静止隔圈静止。

4.如权利要求3所述的主动式补充供油装置,其特征在于,所述雾化供油部件为两个,分别位于所述储油结构的两端,且喷射位置与所述轴承组件的轴承滚道对应。

5.如权利要求1～4中任意一项所述的主动式补充供油装置,其特征在于,

所述储油结构设有储油腔,所述储油腔的储油量不小于4克,每一所述输油部件均位于所述储油腔内部;

每一所述输油部件的两端端部分别对应贯穿所述储油结构的两端端部,以对应连通所述供油结构。

一种主动式补充供油装置

技术领域

[0001] 本发明涉及空间滚动轴承长效润滑技术领域，特别涉及一种主动式补充供油装置。

背景技术

[0002] 飞轮(卫星飞轮)和控制力矩陀螺作为卫星姿态控制系统中关键执行部件，通过与卫星本体进行动量交换，从而实现精确控制卫星姿态的目的，其中轴承组件是飞轮和控制力矩陀螺的关键部件，也是限制飞轮最高转速等性能指标和寿命的主要因素。一份NASA技术备忘录中指出空间长效润滑问题是限制飞轮寿命的主要原因。在真空、失重的空间环境下，润滑油易挥发、爬移而损耗，在润滑油损耗过大时，使轴承滚道无法形成弹性流体润滑油膜，加速轴承磨损，且在低速和机动工况下，轴承处于贫油或半润滑状态，易诱发保持架运转不稳定和轴承磨损量增大，降低轴承使用寿命，直接导致卫星失效或寿命下降。最有效的直接解决办法是补充供油，但由于轴承组件内部空间狭小，空间环境液压泵不可实现，不可人工更换组件或注油等限制条件，故研究可靠、高效的长期补充供油技术具有重要意义。

[0003] 目前国内飞轮和控制力矩陀螺轴承采用的多孔聚合物含油保持架毛细供油，可保证轴承组件2～3年寿命。结合储油器(环)来实现润滑油储存和离心式供油，可使轴承寿命达到5～8年。然后现有的供油装置如下：离心式储油器在轴承组件内、外隔圈之间，依靠离心力和多孔材料的渗流-扩散行为实现被动式供油。经过大量的研究分析可知，在轨情况下其具有以下缺点：供油量、供油速度、供油时机和供油位置不可根据实际情况实时控制；连续供油造成供油利用率低、润滑油损耗大；多孔质储油材料存在润滑油真空挥发损耗现象；随着润滑油的甩出，储油器内含油质量下降，离心力减小，供油速率降低，甚至不出油，造成供油不稳定；在低转速下，离心力不足以将油甩出，润滑效果不好。目前虽然具有采用固液复合润滑技术以弥补离心式被动供油器低速下润滑效果不良问题的方法，但该方法存在固态润滑和边界润滑之间的衔接空档，润滑效果仍不能完全满足工况要求。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种主动式补充供油装置，实现在真空、失重的空间环境下，采用主动供油方式，在模糊控制系统的控制下，以雾化状态进行供油，以满足空间轴承长效润滑、微量补给要求的目的。

[0005] 为了实现以上目的，本发明通过以下技术方案实现：

[0006] 一种主动式补充供油装置，其应用于卫星飞轮和控制力矩陀螺的轴承组件，包含：储油结构、供油结构、若干个输油部件和雾化供油部件；每一所述输油部件连通所述储油结构和所述供油结构，以将存储于所述储油结构中的润滑油输送至所述供油结构中；所述雾化供油部件设置在所述供油结构内部，用于对所述供油结构内的润滑油进行雾化并喷向所述轴承组件的轴承滚道上。

[0007] 可选地，所述储油结构和所述供油结构设置在所述轴承组件的转动隔圈与静止隔

圈之间，且均与所述静止隔圈过盈接触。

[0008] 可选地，所述储油结构和所述供油结构均相对于所述静止隔圈静止。

[0009] 可选地，所述供油结构为两个，分别位于所述储油结构的两端，且喷射位置与所述轴承组件的轴承滚道对应。

[0010] 可选地，所述储油结构设有储油腔，所述储油腔的储油量不小于4克，每一所述输油部件均位于所述储油腔内部；

[0011] 每一所述输油部件的两端端部分别对应贯穿所述储油结构的两端端部，以对应连通所述供油结构。

[0012] 可选地，每一所述输油部件为毛细管结构。

[0013] 可选地，所述雾化供油部件为压电陶瓷片；所述供油结构设有供油腔，所述压电陶瓷片位于所述供油腔内的润滑油表面上且与所述润滑油表面接触。

[0014] 可选地，所述压电陶瓷片上设有若干个通孔，所述润滑油经所述若干个通孔雾化喷出。

[0015] 可选地，所述若干个通孔的孔径尺寸为微米级。

[0016] 可选地，所述主动式补充供油装置还包含：控制电路模块，其与所述雾化供油部件电连接，位于所述卫星飞轮和控制力矩陀螺的飞轮控制电路上，用于根据所述卫星飞轮自身测量的所述卫星飞轮和控制力矩陀螺的驱动电机电流值、所述轴承的轴承温度和所述轴承的轴承振动信号，判断所述轴承滚道上的所述润滑油的膜状态，以控制补充供油时机和所需供油量。

[0017] 本发明与现有技术相比，具有以下优点：

[0018] (1)本发明所提供的一种主动式补充供油装置，其应用于飞轮和控制力矩陀螺的轴承组件，包含：储油结构、供油结构、若干个输油部件和雾化供油部件；每一所述输油部件均连通(联通)所述储油结构和所述供油结构，以将存储于所述储油结构中的润滑油输送至所述供油结构中；所述雾化供油部件设置在所述供油结构内部，用于对所述供油结构内的润滑油进行雾化并喷向所述轴承组件的轴承滚道上。由此可知，本发明所设置的所述雾化供油部件将位于所述供油结构中的润滑油的表面能打散，而产生微小液滴，在动能作用下，实现对轴承润滑最需要的静止滚道(轴承滚道)微量补充雾化供油的目的，解决了现有技术中的被动式供油(离心式供油)所导致的一系列问题，例如：其连续供油所造成的供油利用率低、润滑油损耗大的问题；由于采用多孔质储油材料制备的储油器导致的润滑油真空挥发损耗的问题；随着润滑油的甩出，储油器内含油质量下降，离心力减小，供油速率降低，造成供油不稳定，甚至不出油的问题；由于在低转速下，离心力不足以将润滑油甩出，导致润滑效果不好的问题。

[0019] (2)本发明所采用的每一所述输油部件为毛细管结构，由于在真空失重环境下，要在狭小结构空间内，实现可靠地润滑油输送，不适宜采用泵或者电机驱动装置，受失重条件限制，常规液压泵设计无法实现润滑油的运输，而电机驱动的可靠性设计难以保证。本发明采用毛细管结构连通储油腔和供油腔，作为输油装置，当液体与毛细管壁之间的附着力大于液体分子之间的内聚力时，液体就会沿着毛细管液面上升，发生毛细现象，将润滑油由储油结构输送至供油结构。由此，实现在真空、失重空间环境下，可利用毛细管材料的毛细现象，将所述润滑油从储油结构主动输送至供油结构内的目的，且简化了所述主动式补充供

油装置的结构复杂度。

[0020] (3)本发明所述储油结构设有储油腔,所述储油腔的储油量不小于4克,可以满足飞轮轴承15年以上需求;具体的,采用主动式供油方式给长寿命空间滚动轴承润滑,可将飞轮在轨工作寿命从5年延长至15年以上。

[0021] (4)所述雾化供油部件为压电陶瓷片;所述供油结构设有供油腔,所述压电陶瓷片位于所述供油腔内的润滑油表面上且与所述润滑油表面接触。由此可知,由于其体积小,响应速度快,由此减小了主动供油装置体积和降低了结构复杂性,且选用压电陶瓷片,采用先进的激光打孔工艺,在其上打孔数个微孔,利用电子高频振荡,通过陶瓷片的高频谐振,将液体分子表面能(润滑油表面能)打散,而产生微小液滴,在动能和受挤压双重作用下,实现雾化供油。由于其具有一定动能,故可以指向一定方向实现雾化供油。即实现对轴承润滑最需要的静止滚道补充供油的目的。

[0022] (5)本发明所提供的主动式补充供油装置还包含:控制电路模块,其与所述雾化供油部件电连接,位于所述卫星飞轮和控制力矩陀螺的飞轮控制电路上,用于根据所述卫星飞轮自身测量的所述卫星飞轮和控制力矩陀螺的驱动电机电流值、所述轴承的轴承温度和所述轴承的轴承振动信号,判断所述轴承滚道上的所述润滑油的膜状态,以控制补充供油时机和所需供油量。由此可知,本发明通过模糊控制算法实现轴承润滑补充供油精细控制(即当前所需供油量),并且在轨运行阶段,补充供油控制既可以通过设计闭环自动控制电路实现,也可以地面人工遥测遥控实现,即通过地面人工遥测遥控向所述控制电路模块发射供油信号,所述控制电路模块接收该供油信号后可以采用模糊控制算法计算所需供油量,根据该供油信号得到补充供油时机,执行向所述轴承滚道供油的操作,实现主动供油的目的。

附图说明

[0023] 图1为本发明一实施例提供的一种主动式补充供油装置的剖面结构示意图。

具体实施方式

[0024] 以下结合附图1和具体实施方式对本发明提出的主动式补充供油装置作进一步详细说明。根据下面说明,本发明的优点和特征将更清楚。需要说明的是,附图采用非常简化的形式且均使用非精准的比例,仅用以方便、明晰地辅助说明本发明实施方式的目的。为了使本发明的目的、特征和优点能够更加明显易懂,请参阅附图。须知,本说明书所附图式所绘示的结构、比例、大小等,均仅用以配合说明书所揭示的内容,以供熟悉此技术的人士了解与阅读,并非用以限定本发明实施的限定条件,故不具技术上的实质意义,任何结构的修饰、比例关系的改变或大小的调整,在不影响本发明所能产生的功效及所能达成的目的下,均应仍落在本发明所揭示的技术内容能涵盖的范围内。

[0025] 需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备

所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0026] 在本发明的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“高度”、“厚度”、“上”、“下”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。在本发明的描述中，除非另有说明，“多个”的含义是两个或两个以上。

[0027] 在本发明的描述中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或成一体；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言，可以具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0028] 在本发明中，除非另有明确的规定和限定，第一特征在第二特征之“上”或之“下”可以包括第一和第二特征直接接触，也可以包括第一和第二特征不是直接接触而是通过它们之间的另外的特征接触。而且，第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”包括第一特征在第二特征正上方和斜上方，或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”包括第一特征在第二特征正下方和斜下方，或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0029] 如图1所示，本实施例一种主动式补充供油装置，其应用于飞轮和控制力矩陀螺的轴承组件100，包含：储油结构400、供油结构300、若干个输油部件500和雾化供油部件600；每一所述输油部件500均连通所述储油结构400和所述供油结构300，以将存储于所述储油结构400中的润滑油(图中未示出)输送至所述供油结构300内；所述雾化供油部件600设置在所述供油结构300内部，用于对所述供油结构300内的润滑油进行雾化并喷向所述轴承组件100的轴承滚道(图中未示出)。由此可知，本实施例所设置的所述雾化供油部件将位于所述供油结构中的润滑油的表面能打散，而产生微小液滴，同时在动能的作用下喷向轴承滚道，实现对轴承滚道的微量补充供油，延长轴承使用寿命的目的。即实现对轴承润滑最需要的静止滚道(轴承滚道)补充雾化供油的目的，解决了现有技术中的被动式供油(离心式供油)所导致的一系列问题，例如：其连续供油所造成的供油利用率低、润滑油损耗大的问题；由于采用多孔质储油材料制备的储油器导致的润滑油真空挥发损耗的问题；随着润滑油的甩出，储油器内含油质量下降，离心力减小，供油速率降低，造成供油不稳定，甚至不出油的问题；由于在低转速下，离心力不足以将润滑油甩出，导致润滑效果不好的问题。

[0030] 可选地，所述储油结构400和所述供油结构300设置在所述轴承组件100的转动隔圈200与静止隔圈201之间，且均与所述静止隔圈201过盈接触。即，本实施例所提供的主动式供油装置是安装在轴承组件100的静止隔圈201上，相对于所述飞轮(卫星)静止，即，所述储油结构400和所述供油结构300均相对所述静止隔圈201静止，由此可知其不会利用轴承外圈的离心力的作用供油，由此可知，其区别于现有技术中的被动式供油装置，所述被动式供油装置是将供油装置安装在轴承外圈，并随之高速旋转，利用离心力将储油器中润滑油甩出以为轴承滚道提供润滑剂。

[0031] 可选地，在本实施例中，所述供油结构300为两个，分别位于所述储油结构400的两

端，且喷射位置与所述轴承组件100设有的轴承(图中未标号)的轴承滚道对应。如图1所示，所述轴承为两个分别位于所述静止隔圈201的上下两端端部。

[0032] 可选地，在本实施例中，所述储油结构设有储油腔，所述储油腔的储油量不小于4克，每一所述输油部件500均位于所述储油腔内部。由此可知，在本实施例中所述储油腔的储油量不小于4克，可以满足飞轮轴承15年以上需求；具体的，采用主动式供油方式给长寿命空间滚动轴承润滑，可将飞轮在轨工作寿命从5年延长至15年以上。

[0033] 每一所述输油部件500的两端端部分别对应贯穿所述储油结构400的两端端部，以对应连通所述供油结构300。即所述输油部件500的端部从所述储油结构400的所述储油腔的内部延伸至所述供油结构设有的供油腔内部。

[0034] 可选地，在本实施例中，所述输油部件500为毛细管。由此可知，由于在真空失重环境下，要在狭小结构空间内，实现可靠地润滑油输送，不适宜采用泵或者电机驱动装置，受失重条件限制，常规液压泵设计无法实现润滑油的运输，而电机驱动的可靠性设计难以保证。本发明采用毛细管连通储油腔和供油腔，作为输油装置，当液体与毛细管壁之间的附着力大于液体分子之间的内聚力时，液体就会沿着毛细管液面上升，发生毛细现象，将润滑油由储油结构输送至供油结构。由此，实现在真空、失重空间环境下，可利用毛细管材料的毛细现象，将所述润滑油从储油结构主动输送至供油结构内的目的，且简化了所述主动式补充供油装置的结构复杂度。

[0035] 可选地，所述雾化供油部件600为压电陶瓷片；所述压电陶瓷片位于所述供油腔内的润滑油表面上且与所述润滑油表面接触。

[0036] 可选地，所述压电陶瓷片上设有若干个通孔(图中未示出)，所述润滑油经所述若干个通孔雾化喷出。

[0037] 可选地，所述若干个通孔的孔径尺寸为微米级。由此可知，本实施例所提供的所述雾化供油部件600，由于其体积小，响应速度快，由此减小了主动供油装置体积和降低了结构复杂性，且选用压电陶瓷片，采用先进的激光打孔工艺，在其上打孔数个微孔，利用电子高频振荡，通过陶瓷片的高频谐振，将液体分子表面能(润滑油表面能)打散，而产生微小液滴，在动能和受挤压双重作用下，喷向轴承滚道，实现对轴承滚道的微量补充供油。由于其具有一定动能，故可以指向一定方向实现雾化供油。即实现对轴承润滑最需要的静止滚道补充供油的目的。

[0038] 可选地，所述主动式补充供油装置还包含：控制电路模块(图中未示出)，其与所述雾化供油部件电连接，位于所述飞轮和控制力矩陀螺的飞轮控制电路上，用于根据所述飞轮自身测量的所述飞轮和控制力矩陀螺的驱动电机电流值、所述轴承的轴承温度和所述轴承的轴承振动信号，判断所述轴承滚道上的所述润滑油的膜状态，以控制补充供油时机和所需供油量。

[0039] 具体的，由于本实施例所提供的主动式补充供油装置相对于飞轮静止，所以可以把主动式供油装置电路线路与用于控制轴承转动的电机线路一起通过芯轴联接在飞轮控制电路板上，主动式供油装置控制电路模块布置在飞轮控制电路板上。在对轴承运转状态监测方面，综合考虑，由于接触式油膜电阻直接测量方式导线联接上难以实现，而其他非接触式测量方法实现复杂，对油膜厚度的敏感性不是很高，故利用飞轮自身测量驱动电机电流值及轴承温度和轴承振动信号等功能，来判断轴承润滑油膜状态以控制补充供油时机和

供油量。针对轴承润滑多因素影响，其变量控制较为复杂的特点，采用模糊控制算法，在地面阶段做大量实验，以获取大量数据，通过模糊控制实现轴承润滑补充供油精细控制，并且在轨运行阶段，补充供油控制既可以通过设有的闭环自动控制电路实现，也可以地面人工遥测遥控实现。

[0040] 由此可知，本发明通过模糊控制算法实现轴承润滑补充供油精细控制(即当前所需供油量)，并且在轨运行阶段，补充供油控制既可以通过设计闭环自动控制电路实现，也可以地面人工遥测遥控实现，即通过地面人工遥测遥控想所述控制电路模块发射供油信号，所述控制电路模块接收该供油信号后可以采用模糊控制算法计算所需供油量，根据该供油信号得到补充供油时机，执行向所述轴承滚道供油的操作，实现主动供油的目的。

[0041] 综上所述，(1)本发明所提供的一种主动式补充供油装置，其应用于卫星飞轮和控制力矩陀螺的轴承组件，包含：储油结构、供油结构、若干个输油部件和雾化供油部件；每一所述输油部件连通所述储油结构和所述供油结构，以将存储于所述储油结构中的润滑油输送至所述供油结构内；所述雾化供油部件设置在所述供油结构内部，用于对所述供油结构内的润滑油进行雾化并喷向所述轴承组件的轴承滚道上。由此可知，本发明所设置的所述雾化供油部件将位于所述供油结构中的润滑油的表面能打散，而产生微小液滴，实现对轴承润滑最需要的静止滚道(轴承滚道)补充雾化供油的目的，解决了现有技术中的被动式供油(离心式供油)所导致的一系列问题，例如：其连续供油所造成的供油利用率低、润滑油损耗大的问题；由于采用多孔质储油材料制备的储油器导致的润滑油真空挥发损耗的问题；随着润滑油的甩出，储油器内含油质量下降，离心力减小，供油速率降低，造成供油不稳定，甚至不出油的问题；由于在低转速下，离心力不足以将润滑油甩出，导致润滑效果不好的问题。

[0042] (2)本发明所采用的每一所述输油部件为毛细管结构，由于在真空失重环境下，要在狭小结构空间内，实现可靠地润滑油输送，不适宜采用泵或者电机驱动装置，受失重条件限制，常规液压泵设计无法实现润滑油的运输，而电机驱动的可靠性设计难以保证。本发明采用毛细管结构连通储油腔和供油腔，作为输油装置，当液体与毛细管壁之间的附着力大于液体分子之间的内聚力时，液体就会沿着毛细管液面上升，发生毛细现象，将润滑油由储油结构输送至供油结构。由此，实现在真空、失重空间环境下，可利用毛细管材料的毛细现象，将所述润滑油从储油结构主动输送至供油结构内的目的，且简化了所述主动式补充供油装置的结构复杂度。

[0043] (3)本发明所述储油结构设有储油腔，所述储油腔的储油量不小于4克，可以满足飞轮轴承15年以上需求；具体的，采用主动式供油方式给长寿命空间滚动轴承润滑，可将飞轮在轨工作寿命从5年延长至15年以上。

[0044] (4)所述雾化供油部件为压电陶瓷片；所述供油结构设有供油腔，所述压电陶瓷片位于所述供油腔内的润滑油表面上且与所述润滑油表面接触。由此可知，由于其体积小，响应速度快，由此减小了主动供油装置体积和降低了结构复杂性，且选用压电陶瓷片，采用先进的激光打孔工艺，在其上打孔数个微孔，利用电子高频振荡，通过陶瓷片的高频谐振，将液体分子表面能打散，而产生微小液滴，在动能和受挤压双重作用下，实现雾化供油。由于其具有一定动能，故可以指向一定方向实现雾化供油。即实现对轴承润滑最需要的静止滚道补充供油的目的。

[0045] (5)本发明所提供的主动式补充供油装置还包含:控制电路模块,其与所述雾化供油部件电连接,位于所述飞轮和控制力矩陀螺的飞轮控制电路上,用于根据所述飞轮自身测量的所述飞轮和控制力矩陀螺的驱动电机电流值、所述轴承的轴承温度和所述轴承的轴承振动信号,判断所述轴承滚道上的所述润滑油的膜状态,以控制补充供油时机和所需供油量。由此可知,本发明通过模糊控制算法实现轴承润滑补充供油精细控制(即当前所需供油量),并且在轨运行阶段,补充供油控制既可以通过设计闭环自动控制电路实现,也可以地面人工遥测遥控实现,即通过地面人工遥测遥控想所述控制电路模块发射供油信号,所述控制电路模块接收该供油信号后可以采用模糊控制算法计算所需供油量,根据该供油信号得到补充供油时机,执行向所述轴承滚道供油的操作,实现主动供油的目的。

[0046] 尽管本发明的内容已经通过上述优选实施例作了详细介绍,但应当认识到上述的描述不应被认为是对本发明的限制。在本领域技术人员阅读了上述内容后,对于本发明的多种修改和替代都将是显而易见的。因此,本发明的保护范围应由所附的权利要求来限定。

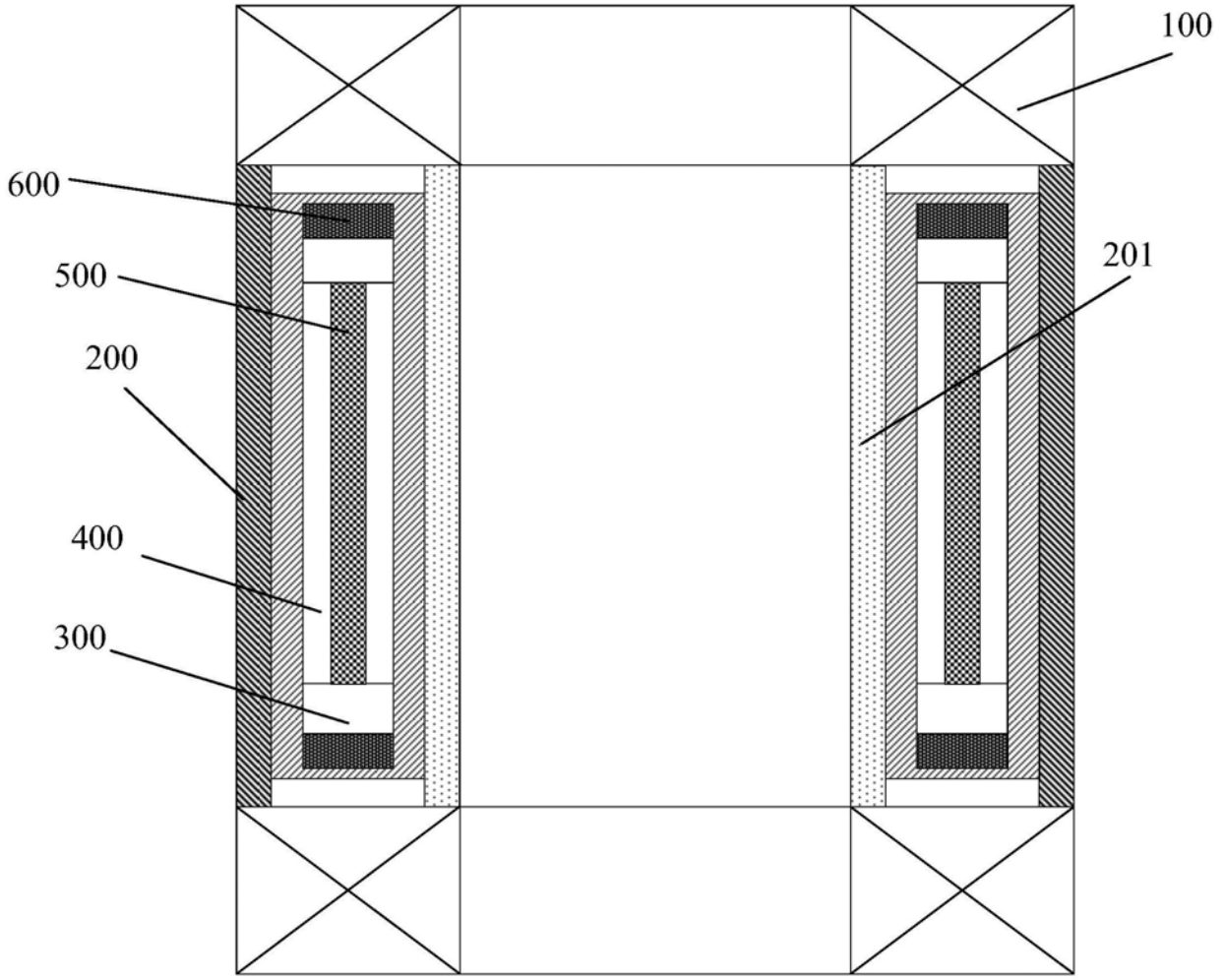


图1